35~50 kg 道赛特×小尾寒羊杂交公羔矿物质需要量研究[1]

赵向利　杨佳栋　张雅飞　刘月琴　张英杰*

（河北农业大学动物科技学院，保定 071000）

摘　要：本试验旨在研究 35~50 kg 道赛特×小尾寒羊杂交公羔钙、磷、钾、钠、镁的维持需要量和净生长需要量。选取（34.54±0.40） kg、6 月龄道赛特×小尾寒羊杂交公羔 25 只分为 5 组，初期组，中期组，末期 100%组、末期 60%组、末期 40%组（饲喂水平分别为 100%、60%、40%），初期组、中期组、末期组分别在羔羊体重为 35、43 和 50 kg 时屠宰。测定动物体组织中的钙、磷、钾、钠、镁含量，建立数学模型对矿物质的维持需要量和净生长需要量进行预测。结果显示：道寒杂交公羔在 35~50 kg 体重阶段，钙、磷、钾、钠、镁的维持需要量分别为 0.73、0.72、0.32、0.32、0.13 g/d，基于空腹体重（EBW）的净生长需要量分别为 13.47~14.00 g/kg EBW、7.18~7.41 g/kg EBW、0.13~0.17 g/kg EBW、1.20~1.73 g/kg EBW、0.45~0.58 g/kg EBW。本研究得出了 35~50 kg 道赛特×小尾寒羊杂交公羔矿物质维持需要量和净生长需要量的模型。

关键词：羔羊；矿物质；需要量

中国分类号：S826

虽然矿物质在动物机体内的含量很少，但其在各种组织代谢过程中却起着至关重要的作用，如维持渗透压、酸碱平衡、细胞通透性，也是各种激素、酶、组织器官（如骨骼）等的重要组成部分[1]。如今，人们已经逐渐认识到了矿物质的重要性，且进行了较多的相关研究。NRC（2007）[2]出版了关于小反刍动物的矿物质营养需要；Bellof 等[3]对 18~55 kg 德国美利奴羊的矿物质需要量进行了研究；Araújo 等[4]和 Gomes 等[5]分别对 25 和 20 kg 的萨能奶山羊的矿物质需要量进行了研究；纪守坤[6]对 20~35 kg 的杜寒杂交羔羊矿物质需要量进行了研究。虽然各国对肉羊矿物质需要量均进行了一些探索，但 35~50 kg 阶段公羔的矿物质需要量还未见报道。本文以 35~50 kg 体重（BW）阶段的道赛特×小尾寒羊杂交公羔为试验对象，采用比较屠宰试验，通过测定体组织中的矿物质含量，建立数学模型对矿物质的维持需要量和净生长需要量（net requirement for growth,NRG）进行预测，从而获得该品种公羔羊的矿物质推荐量，为完善我国肉羊饲养标准体系建设提供基础数据。

1　材料与方法

收稿日期：2015-09-20
基金项目：国家肉羊产业技术体系（CARS-39）
作者简介：赵向利（1989-），女，河北邯郸人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养。E-mail: 582664925@qq.com
*通信作者：张英杰，教授，博士生导师，E-mail: zhangyingjie66@126.com

1.1 试验时间和地点

本试验于 2014 年 5 月 23 日至 2014 年 7 月 24 日在衡水舜尧养殖有限公司(国家肉羊产业技术体系综合试验站）进行。

1.2 试验设计

随机选取 25 只 6 月龄、体况良好、平均 BW 为（34.54±0.40） kg 的健康无角道赛特×小尾寒羊杂交 2 代横交固定后代（道寒杂交）公羔为试验对象，从中随机选取 5 只羔羊，在试验开始时进行屠宰，以测定初始时机体的组成，称为初期（baseline，B）组；在羔羊 BW 达到 43 kg 时，再随机选取 5 只进行屠宰，作为中期（intermediate，I）组；剩下的 15 只平均分为 3 个饲喂水平 100%、60%、40%，分别称为末期 100%（last 100%，L100%）组、末期 60%（last 60%，L60%）组、末期 40%（last 40%，L40%）组，在 L100%组 BW 达到 50 kg 时统一进行屠宰。

1.3 基础饲粮及试验管理

基础饲粮配方参照 NRC（2007）[2]晚熟型绵羊（BW40 kg、日增重为 300 g/d）的营养需要量进行配制，加工成全价颗粒饲料（饲料颗粒直径 5 mm，长度为 8~10 mm）。饲粮精粗比（不计矿物质和维生素添加剂）为 6∶4。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

在试验开始前打好耳号，注射疫苗，驱虫后采取室内单栏饲养。每日 08：00 饲喂 1 次，自由饮水。随后进入 7 d 预试期，目的是使羊只能够适应单栏饲养环境及试验用颗粒饲料，正式试验开始后记录初始 BW，通过记录个体饲喂量和剩料量计算每日的采食量，并根据 L100%组饲喂水平前 1 周的平均日采食量确定 L60%组、L40%组这 1 周的日饲喂量，其目的是使 L40%组处于维持需要水平，L60%组日增重处于 L100%组和 L40%组中间水平。试验羊每周称重 1 次并记录数据。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干水平）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet（air-dry basis） %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
羊草 *Leymus chinensis*	41.80
玉米 Corn	39.18
豆粕 Soybean meal	16.35
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.23

石粉 Limestone	0.61
食盐 NaCl	0.77
预混料 Premix[1)]	1.06
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
干物质 DM	93.26
粗蛋白质 CP	20.97
中性洗涤纤维 NDF	29.72
酸性洗涤纤维 ADF	11.94
总能 GE/（MJ/kg）	16.96
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.20
钙 Ca	2.49
磷 P	0.57
钾 K	0.87
钠 Na	0.35
镁 Mg	0.42

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provides the following per kg of the diet：VA 10 260 IU，VE 301 IU，VD 2 200 IU，Fe 57.86 mg，Zn 42.73 mg，Mn 33.65 mg，Cu 9.34 mg，Se 0.19 mg，I 0.76 mg，Co 0.23 mg。

[2)] 营养水平为实测值。Nutrient levels are measured values.

1.4 样品采集与测定指标

试验期内每天记录每只羊的干物质采食量（DMI)、剩料量，并采集样品，密封冷冻保存（-20 ℃）。

达到屠宰 BW 的羔羊在屠宰前 1 天 17：00 称重，禁食、禁水 16 h，次日 09：00 再次称重，经颈静脉放血屠宰。取出内脏，剥离消化道（食道、瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、小肠、大肠）并清洗干净；将羔羊头和胴体沿纵轴劈开，分别对左右 2 侧称重，分离右侧胴体的骨骼、肌肉、脂肪[7]；将羔羊皮毛分离。每只羊骨骼、肌肉、脂肪粉碎后取样，血液和内脏混合粉碎取样，羊皮剪碎取样，羊毛均匀取样。每个样品取样约 500 g，冷冻保存（-20 ℃）。

饲料样品于 105 ℃烘干 8 h 测得干物质（DM）[8]含量，屠体样品使用冷冻干燥法干燥 48 h 后测定 DM 的含量[9]，粉碎后测定总能、粗蛋白质、粗脂肪等常规营养成分，紫外分光

光度计测定磷含量[10]，火焰原子吸收仪测定钙、钾、钠、镁含量[11]。

1.5　维持需要量的计算

利用 B 组空腹体重（empty body weight，EBW）与体内矿物质含量建立回归方程①，同时建立 B 组 EBW 与 SBW 的回归方程②，通过方程①和方程②。利用 I 组、L100%组、L60%组和 L40%组试验起始 BW 来预测各组体内试验起始矿物质含量。

$$\lg(y)=a+b\times\lg(\mathrm{EBW}) \quad ①；$$

$$\mathrm{EBW}=a+b\times\mathrm{BW} \quad ②。$$

式中：y 为去除消化道内容物后动物体矿物质含量（g）；EBW 单位为 kg；a 为截距；b 为回归系数。下式同。

试验期动物 MR 为试验末体内矿物质含量与起始体内矿物质含量之差。

利用 MR（g）和 DMI（kg/d）的线性回归关系计算矿物质的维持需要量，外推导 DMI 为 0 时的负截距即被认为是动物内生的代谢损失矿物质，即维持条件下矿物质净需要量。

1.6　NRG 的计算

体内矿物质含量可以通过其与 EBW 的对数异速生长模型来推导[12]。

$$\lg(y)=a+b\times\lg(\mathrm{EBW}) \quad ③。$$

式④由式③变形求倒数得到，用来预测不同 EBW 时体内矿物质含量：

$$y'=b\times10^{a}\times\mathrm{EBW}^{(b-1)} \quad ④。$$

式中：y' 为每增加单位 EBW 所需的矿物质含量（g/kg）；a 和 b 由式③得到。为了在活体条件下推测出 y'，可使用 BW 来换算 EBW[5]。

1.7　统计分析

试验结果用 Excel 2010 表格进行整理，采用 SAS 9.0 软件进行统计分析，采用 GLM 程序按随机试验设计进行方差分析，不同试验组间的多重比较采用 LSD 法进行，以 P<0.05 作为差异显著的判断标准。采用 PROC REG 程序进行回归分析。

2　结果与分析

2.1　羔羊生长性能

由表 2 可见，在同一饲喂水平下（B 组、I 组、L100%组间比较），L100%组 DMI 高于 I 组，但差异不显著（P>0.05），说明随着 BW 的增加 DMI 也会随着增加。L100%组平均日增重显著低于 I 组（P<0.05），说明增重速度减慢。随着屠宰 BW 的增加，EBW 也逐渐增加，B 组、I 组和 L100%组差异显著（P<0.05）。在不同饲喂水平下（L100%组、L60%组、L40%组间比较），L100%组平均日增重显著高于 L60%组和 L40%组（P<0.05）。

表 2 不同生长阶段羔羊生长性能

Table 2 Growth performance of lambs in different growing periods

项目	组别 Groups				
Items	B	I	L100%	L60%	L40%
干物质采食量 DMI/(kg/d)		1.66±0.04^{c}	1.71±0.00^{c}	1.05±0.01^{b}	0.72±0.00^{a}
起始体重 Initial BW/kg	35.87±1.20^{b}	36.00±3.10^{b}	32.32±0.41^{a}	35.20±1.67^{b}	34.36±1.66^{ab}
屠宰体重 Slaughter BW/kg	35.87±1.20^{a}	41.83±3.01^{b}	45.30±1.93^{c}	43.55±2.63^{bc}	37.30±2.15^{a}
空腹体重 EBW/kg	28.37±1.52^{a}	33.85±2.49^{b}	37.49±1.72^{c}	33.10±2.05^{b}	28.13±1.86^{a}
平均日增重 ADG/g		317.78±31.15^{d}	221.88±23.15^{c}	142.05±19.42^{b}	50.25±6.28^{a}

同行数据肩标相同小写字母表示差异不显著（P>0.05），不同小写字母表示差异显著（P<0.05）。下表同。

In the same row, values with the same small letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 羔羊体内矿物质含量

由表 3 可见，在同一饲喂水平下，随着羔羊屠宰 BW 的增加，羔羊体内钾含量逐渐增加，I 组和 L100%组差异不显著（P>0.05），但显著高于 B 组（P<0.05）；在同一饲喂水平下，羔羊体内钙、钠、镁，L100%组含量最高，均显著高于 B 组（P<0.05）。在不同饲喂水平下，随着饲喂水平的降低，羔羊体内钙、磷、钾、钠、镁含量均逐渐降低。

表 3 羔羊体内矿物质含量

Table 3 Mineral contents in body of lambs g

项目	组别 Groups				
Items	B	I	L100%	L60%	L40%
钙 Ca	362.31±69.63^{a}	458.06±65.85^{b}	465.40±51.10^{b}	417.54±31.78^{ab}	353.35±38.36^{a}
磷 P	250.11±33.82^{b}	317.61±32.29^{c}	264.60±25.21^{b}	248.62±5.44^{b}	199.90±33.63^{a}
钾 K	2.81±0.31^{a}	3.76±0.42^{b}	3.96±0.36^{b}	3.56±0.28^{b}	2.96±0.26^{a}
钠 Na	19.85±3.74^{a}	25.91±2.40^{b}	28.62±3.16^{b}	23.91±1.90^{b}	19.92±2.19^{a}
镁 Mg	8.76±1.67^{ab}	11.32±1.14^{c}	12.40±1.54^{c}	10.24±0.78^{bc}	8.50±0.92^{a}

2.3 矿物质维持需要量预测值

2.3.1 初始时羔羊体内矿物质含量预测

表 4 显示了羔羊体内矿物质含量与 EBW 建立的相关关系，将 EBW 带入表 4 公式可获得各组在试验初始时羔羊体内的钙、磷、钾、钠、镁含量。

表 4　羔羊体内矿物质含量(g)与 EBW(kg)的相关关系

Table 4　The relationship between mineral contents (g) and EBW (kg)

项目 Items	异速回归方程 Allometric equation	相关系数 R^2
空腹体重 EBW	EBW=-10.945+1.096 1BW	0.747 0
钙 Ca	lgCa=6.451 2-2.677 3lgEBW	0.922 6
磷 P	lgP=6.161 2-2.560 4lgEBW	0.970 3
钾 K	lgK=3.065 8-1.823 8lgEBW	0.869 4
钠 Na	lgNa=5.411 2-2.836 2lgEBW	0.851 7
镁 Mg	lgMg=5.107 2-2.872 0lgEBW	0.847 2

2.3.2　羔羊体内 MR

表 5 显示了 I 组、L100%组、L60%组、L40%组在试验阶段体内 MR。

表 5　羔羊体内矿物质沉积量

Table 5　MR in lamb body　　　g

项目	组别 Groups			
Items	I	L100%	L60%	L40%
钙 Ca	3.51±0.43	3.97±0.16	2.29±0.14	1.06±0.18
磷 P	1.99±0.11	2.30±0.43	1.01±0.16	0.54±0.63
钾 K	0.61±0.05	0.72±0.08	0.46±0.08	0.31±0.10
钠 Na	0.36±0.04	0.58±0.08	0.11±0.07	0.06±0.01
镁 Mg	0.09±0.02	0.14±0.04	0.03±0.03	-0.03±0.01

2.3.3　羔羊体内 MR 与 DMI 的相关关系及矿物质维持需要量预测

表 6 显示了体内 MR 与 DMI 建立的一元线性回归关系式，由此可以看出，各种矿物质元素与 DMI 均存在高度的线性关系[相关系数（R^2）=0.853 9~0.983 8]。根据表 6 公式计算出的矿物质维持需要量见表 7，可见钙、磷、钾、钠、镁的维持需要量分别为 0.73、0.72、0.32、0.32、0.13 g/d。

表 6　羔羊体内 MR（g）与 DMI（kg/d）的相关关系

Table 6 The relationship between MR (g) and DMI (kg/d)

项目 Items	预测公式 Prediction equations	相关系数 R^2
钙 Ca	MR_{Ca}=-0.731 4+2.674 5DMI	0.976 5
磷 P	MR_{P}=-0.718 8+1.695 6DMI	0.983 8
钾 K	MR_{K}=-0.316 1+0.578 4DMI	0.979 6
钠 Na	MR_{Na}=-0.317 9+0.463 3DMI	0.853 9
镁 Mg	MR_{Mg}=-0.134 3+0.151 1DMI	0.940 3

表 7 羔羊矿物质维持需要量预测值

Table 7 Mineral requirements for maintenance of lambs g/d

项目 Items	钙 Ca	磷 P	钾 K	钠 Na	镁 Mg
需要量 Requirement/（g/d）	0.73	0.72	0.32	0.32	0.13

2.4 矿物质生长需要量预测模型

2.4.1 体内矿物质含量与 EBW 异速回归关系

由表 8 可见，羔羊 EBW 与 BW 间的回归关系式为 EBW=-4.255 0+0.913 9BW（R^2=0.930 6），从此关系式可以看出，EBW 与 BW 呈线性相关，说明使用 BW 预测 EBW 是可行的。另外，羔羊体内矿物质含量与 EBW 具有高度相关性（R^2=0.710 9~0.921 9）。

表 8 羔羊体内矿物质含量(g)与 EBW(kg)的异速回归关系

Table 8 Allometric relationship between mineral contents (g) and EBW (kg)

项目 Items	异速回归方程 Regression equation	相关系数 R^2
空腹体重 EBW	EBW=-4.255 0+0.913 9BW	0.930 6
钙 Ca	lgCa=0.950 1+1.096 5lgEBW	0.748 9
磷 P	lgMg=0.695 2+1.059 8lgEBW	0.921 9
钾 K	lgK=-1.946 0+1.603 1lgEBW	0.710 9
钠 Na	lgNa=-1.534 5+1.921 2lgEBW	0.768 4
镁 Mg	lgMg=-1.460 8+1.627 4lgEBW	0.829 8

2.4.2 矿物质 NRG 预测模型

由表 8 的异速回归关系式可以获得羔羊在 35~50 kg 阶段的钙、磷、钾、钠、镁的 NRG 预测模型，如表 9 所示，并得了羔羊在 35、40、45、50 kg 时这些元素的 NRG。

表 9　35~50 kg 道赛特×小尾寒羊杂交公羔矿物质 NRG 预测值

Table 9　Mineral NRG for growth of Dorset×Thin-Tailed *Han* crossbred male lambs at 35 to 50 kg

项目 Items	屠宰体重 Slaughter BW/kg 35	40	45	50	方程 Equation
空腹体重 EBW/kg	27.73	32.30	36.87	41.44	EBW=-4.255 0+0.913 9BW
钙 Ca/(g/kg EBW)	13.47	13.67	13.84	14.00	$NRG_{Ca}=9.774\ 8EBW^{0.096\ 5}$
磷 P/(g/kg EBW)	7.41	7.33	7.25	7.18	$NRG_{P}=9.609\ 1EBW^{-0.078\ 1}$
钾 K/(g/kg EBW)	0.13	0.15	0.16	0.17	$NRG_{K}=0.018\ 2EBW^{0.603\ 1}$
钠 Na/(g/kg EBW)	1.20	1.38	1.56	1.73	$NRG_{Na}=0.056\ 1EBW^{0.921\ 2}$
镁 Mg/(g/kg EBW)	0.45	0.50	0.54	0.58	$NRG_{Mg}=0.056\ 3EBW^{0.627\ 4}$

3　讨　论

3.1　不同屠宰 BW 羔羊体内矿物质含量变化

Araujo 等[4]通过对 15~25 kg Moxoto 山羊体内矿物质含量测定发现，随 BW 增加，机体钙、磷、钾、钠、镁含量均增加。Gomes 等[5]对 5~20 kg 萨能羔羊研究发现，随羔羊 BW 增加机体钙、磷含量升高，而钠、钾、镁含量降低。纪守坤[6]针对 20~35 kg 杜寒杂交 1 代公羔的研究发现，随羔羊 BW 增加，单位 BW 钙、钠含量降低，而单位 BW 钾、镁含量却存在一定程度的升高。本试验结果表明，随羔羊 BW 增加，体内钙、磷、钾、钠、镁的含量均增加，与前人的研究结果存在一定差异，说明品种的差异和测定阶段的不同均会对羔羊体内矿物质含量产生影响。

3.2　羔羊钙、磷、钾、钠、镁维持需要量

不同种类动物对常量元素的需要量通常采用析因法来确定，此法获得的营养需要量模型是一个动态模型，即分别对不同 BW 下的维持需要量和不同生长速度下的生长需要量进行估算[13]。目前，NRC（2007）[2]、NRC（2001）[14]、NRC（2000）[15]和 Suttle[16]均已采纳析因模型，该模型将动物的矿物质需要量分为 2 部分：维持需要量和生产需要量，公式为:$GR=(P+M)/A$（GR 为总需要量；P 为 NRG；M 为维持需要量；A 为营养吸收利用率）。可见，精确测定羔羊矿物质 NRG 和维持需要量是建立矿物质需要量模型的一个重要环节。

ARC（1980）[12]通过粪钙排出量与 DMI 之间关系获得绵羊钙的维持需要量为 16 mg/(kg BW•d)，相对地，35~50 kg 阶段维持需要量为 0.56~0.80 g/d，此结果后被 AFRC（1991）[17]所接受，NRC（2007）[2]认为，钙的维持需要量为 0.623×DMI+0.228，本试验中 DMI 为

0.718~1.709 kg，所以对应钙的维持需要量为0.68~1.29 g，可以看出，前人对钙的维持需要量研究结果存在一定差异，本试验测得，钙的维持需要量为0.73 g/d，与前人研究结果的推荐值相近。

ARC（1980）[12]根据内源排泄磷获得绵羊维持需要量为14 mg/kg BW，相对地，35~50 kg 阶段维持需要量为0.49~0.70 g/d。NRC（1985）[18]中推荐绵羊在妊娠前和生长阶段维持需要量为20 mg/kg BW，相对地，35~50 kg 阶段维持需要量为0.70~1.00 g。AFRC（1991）[17]利用高品质饲料忽略通过尿排泄的磷后，获得的维持需要量与DMI之间的关系式：磷的维持需要量=0.693×DMI-0.06，对应本试验的DMI，磷的维持需要量为0.44~1.12 g。本试验测得，磷的维持需要量0.72 g/d，此结果略高于ARC（1980）的推荐量，而与NRC（1985）[18]和AFRC（1991）[17]的推荐值相近。

NRC（2007）[2]推荐：钾维持需要量=2.6×DMI+0.038×BW，由此公式获得本试验条件下的钾维持需要量为3.20~6.34 g/d，本试验测得，钾的维持需要量为0.32 g/d，明显低于NRC（2007）[2]推荐量。

ARC（1980）[12]认为绵羊通过粪排出的内源钠为5.8 mg/kg BW，而通过尿排出的钠量为20.0 mg，即维持需要量为25.8 mg/kg BW/d，相对地，35~50 kg 阶段维持需要量为0.90~0.13 g/d。NRC（2007）[2]推荐的维持需要量为10.8 mg/kg BW/d，相对地，35~50 kg 阶段维持需要量为0.38~0.54 g/d。本试验测得，钠的维持需要量为0.32 g/d，高于ARC（1980）[12]推荐量，而略低于NRC（2007）[2]推荐量。

ARC（1980）[12]对镁的维持需要量推荐值为3 mg/kg BW，相对地，35~50 kg 阶段维持需要量为0.11~0.15 g/d，此后NRC（2007）[2]和Suttle[16]均采用了此推荐值。本试验测得，镁的维持需要量为0.13 g/d，与前人推荐量相近。

3.3 羔羊钙、磷、钾、钠、镁的NRG

本试验结果得出，35~50 kg 阶段道赛特×小尾寒羊杂交公羔羊钙、磷、钾、钠、镁的NRG分别为13.47~14.00 g/kg EBW，7.18~7.41 g/kg EBW，0.13~0.17 g/kg EBW，1.20~1.73 g/kg EBW，0.45~0.58 g/kg EBW；以体重表示分别为10.69~11.57 g/kg BW、5.88~5.93 g/kg BW、0.10~0.14 g/kg BW、0.95~1.43 g/kg BW、0.36~0.48 g/kg BW。INRA（1989）[19]对绵羊钙、磷、钾、钠、镁的推荐量分别为9.5、5.5、1.8、0.9、0.4 g/kg BW。本试验结果与此相比较，钙、磷、钠、镁NRG均高于此推荐量，而钾NRG低于此推荐量。NRC（2007）[2]推荐绵羊钙、磷、钾、钠、镁的NRG分别为11.0、6.0、1.8、1.1、0.41 g/kg EBW。本试验结果与此相比较，钙、磷NRG高于此推荐量，而钾、钠、镁NRG低于此推荐量。Bellof等[3]对30~55

kg 德国美利奴羊研究认为钙、磷、钾、钠、镁 NRG 分别为 14.0、7.5、1.7、0.9、0.4 g/kg EBW。本试验结果于此相比较，钙、磷、镁与此推荐量相近，钾低于此推荐量，而钠高于此推荐量。由此可以看出国内杂交羔羊矿物质需要量的特异性。

可能是由于各研究者所采用的试验动物品种和生长阶段以及饲养环境等不同，导致了本试验的测定结果与其他研究者的测定参数存在较大的差距，这也更进一步说明针对我国肉羊品种进行营养需要量研究的必要性。

4 结 论

35~50 kg 道赛特×小尾寒羊杂交公羔的钙、磷、钾、钠、镁的维持需要量分别为 0.73、0.72、0.32、0.32、0.13 g/d，NRG 分别为 13.47~14.00 g/kg EBW、7.18~7.41 g/kg EBW、0.13~0.17 g/kg EBW、1.20~1.73 g/kg EBW、0.45~0.58 g/kg EBW。

参考文献:

[1] UNDERWOOD E J,SUTTLE N F.The mineral nutrition of livestock[M].New York:Commonwealth Agricultural Bureaux,1999.

[2] NRC.Nutrient requirements of small ruminants[S].Washington,D.C.:National Academy Press,2006.

[3] BELLOF G,PALLAUF J.Deposition of major elements in the body of growing lambs of the German Merino Landsheep breed[J].Small Ruminant Research,2007,73(1/2/3):186–193.

[4] ARAÚJO M J,MEDEIROS A N,TEIXEIRA I A M A,et al.Mineral requirements for growth of Moxotó goats grazing in the semi-arid region of Brazil[J].Small Ruminant Research,2010,93(1):1–9.

[5] GOMES R A,OLIVEIRA-PASCOA D,TEIXEIRA I A M A,et al.Macromineral requirements for growing Saanen goat kids[J].Small Ruminant Research,2011,99(2/3):160–165.

[6] 纪守坤.20~35kg 杜泊×小尾寒羊 F_1 代羔羊体内主要矿物质分布规律及需要量参数的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013:1–86.

[7] 彭津津.道寒杂交公羔生长期(35~50kg)能量和蛋白质需要量的研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2013:1–49.

[8] AOAC.Official methods of analysis[S].15th ed.Washington,D.C.:Association of Official Analytical Chemists,1990.

[9] GALVANI D B,PIRES C C,KOZLOSKI G V,et al.Protein requirements of Texel crossbred lambs[J].Small Ruminant Research,2009,81(1):55–62.

[10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 13885-2003 动物饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法[S].北京:中国标准出版社,2004.

[12] ARC.The nutrient requirements of ruminant livestock[S].London:Commonwealth Agricultural Bureaux,1980.

[13] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2002.

[14] NRC.Nutrient requirements of dairy cattle[S].7th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,2001.

[15] NRC.Nutrient requirements of beef cattle[S].7th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,2000.

[16] SUTTLE N F.Mineral nutrition of livestock[M].4th ed.New York:CABI Publishing,2010.

[17] AFRC.Technical committee on responses nutrientsreport No.6[R]//A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle.Nutrition Abstracts and Reviews(Series B).[S.l.]:NFRC,1991:573–612.

[18] NRC.Nutrient requirements of sheep[S].6th ed.Washington,D.C.:The National Academies Press,1985.

[19] INRA.Ruminant nutrition:recommended allowances and feed tables[M].London:John Libbey & Co.Ltd,1989.

Mineral Requirements for Dorset×Thin-Tailed *Han* Crossbred Male Lambs at 35 to 50 kg

ZHAO Xiangli YANG Jiadong ZHANG Yafei LIU Yueqin ZHANG Yingjie*

(*College of Animal Science and Technology*, *Agricultural University of Hebei*, *Baoding* 071000, *China*)

Abstract: This study was conducted to estimate maintenance requirements and net growth requirements of calcium (Ca), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na) and magnesium (Mg) for Dorset×Thin-Tailed *Han* crossbred male lambs during 35 to 50 kg of body weight. Twenty-five 6-month-old Dorset×Thin-Tailed *Han* crossbred male lambs weighted （34.54±0.40） kg were randomly divided into 5 groups, which were baseline group, intermediate group, and last group 100%, last group 60% and last group 40% (feeding levels were 100%, 60% and 40%, respectively). baseline, intermediate and last groups were slaughtered at 35, 43 and 50 kg, respectively, to determine the contents of Ca, P, K, Na and Mg in animal tissues, and to establish

the mathematical models for predicting maintenance requirements and net growth requirements. The results showed that during 35 to 50 kg of body weight, maintenance requirements for Dorset×Thin-Tailed *Han* crossbred male lambs were 0.73, 0.72, 0.32, 0.32 and 0.13 g/d, respectively, and net growth requirements were 13.47 to 14.00 g/kg EBW, 7.18 to 7.41 g/kg EBW, 0.13 to 0.17 g/kg EBW, 1.20 to 1.73 g/kg EBW and 0.45 to 0.58 g/kg EBW, respectively. The study proposes models of mineral requirements for Dorset×Thin-Tailed *Han* crossbred male lambs during 35 to 50 kg of body weight.

Key words: lamb; mineral; requirement